



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 19 795 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/02
G 01 R 27/14
G 01 R 27/22
G 01 R 27/26

⑳ Aktenzeichen: 196 19 795.3
㉔ Anmeldetag: 15. 5. 96
㉕ Offenlegungstag: 20. 11. 97

DE 196 19 795 A 1

㉑ **Anmelder:**
Ließ, Hans-Dieter, 82541 Münsing, DE; Knezevic,
Aleksandar, 80538 München, DE

㉒ **Vertreter:**
Manitz, Finsterwald & Partner, 80538 München

㉓ **Erfinder:**
gleich Anmelder

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen**

⑤① Es wird ein Verfahren zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen beschrieben, bei dem zumindest ein mit Wechselspannung beaufschlagter elektrischer Leiter in das Gemisch eingebracht wird und die in dem elektrischen Leiter aufgrund der Einwirkung des den elektrischen Leiter unmittelbar umgebenden Gemischs auftretenden Verluste oder eine diese Verluste kennzeichnende Größe ermittelt. Weiterhin wird eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben.

DE 196 19 795 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen.

Die Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen wird beispielsweise in der Automobilindustrie zur Bestimmung der Konzentration von Wasser in Bremsflüssigkeit benötigt. Die maximal zulässige Konzentration von Wasser in Bremsflüssigkeit liegt beispielsweise bei ca. 3%. Da abhängig von der Menge des in der Bremsflüssigkeit vorhandenen Wassers der Siedepunkt des aus Wasser und Bremsflüssigkeit bestehenden Gemischs sinkt, können bei einem zu hohen Wasseranteil bei länger andauernden Bremsvorgängen Dampfblasen innerhalb der Bremsflüssigkeit entstehen, so daß die Kompressibilität der Bremsflüssigkeit zunimmt. Dies kann zu einem verspäteten Ansprechen der Bremsen und im schlimmsten Fall zu einem völligen Ausfall der Bremsanlage führen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Bestimmung von Wasser in Frostschutzmitteln, wie sie beispielsweise in Heizungsanlagen oder in Kühlsystemen von Kraftfahrzeugen verwendet werden. Steigt bei diesem Gemisch der Anteil des Wassers, so steigt gleichzeitig der Gefrierpunkt des Gemischs, so daß ein Einfrieren bei relativ hohen Temperaturen und damit eine Beschädigung der Anlage möglich ist. Sinkt der Anteil des Wassers unter einen bestimmten Prozentsatz, so ist auch dies nachteilig, da zum einen Frostschutzmittel relativ teuer und umweltbelastend sind und zum anderen unterhalb eines bestimmten Wasseranteils sogar eine Verschlechterung der Frostschutzeigenschaft eintritt.

Da in vielen Fällen eine Entnahme des Gemischs aus der jeweiligen Anlage sehr umständlich ist und darüber hinaus in sicherheitskritischen Anwendungen eine ständige Überwachung der Gemischzusammensetzung wünschenswert bzw. erforderlich ist, ist in vielen Fällen eine externe Analyse des Gemischs, beispielsweise in einem Labor nicht praktikabel.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen anzugeben, das kostengünstig und einfach anwendbar und auch während des Betriebs einer mit dem Gemisch gefüllten Anlage einsetzbar ist. Weiterhin soll eine Vorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen angegeben werden, die einfach und kostengünstig herstellbar ist und insbesondere zur kontinuierlichen Konzentrationsbestimmung geeignet ist.

Der das Verfahren betreffende Teil wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zumindest ein mit Wechselspannung beaufschlagter elektrischer Leiter in das Gemisch eingebracht wird und daß die in dem elektrischen Leiter aufgrund der Einwirkung des den elektrischen Leiter unmittelbar umgebenden Gemischs auftretenden Verluste oder eine diese Verluste kennzeichnende Größe ermittelt werden.

Eine erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung umfaßt zumindest einen mit Wechselspannung beaufschlagten elektrischen Leiter, der zum Einbringen in das Gemisch ausgebildet ist, sowie eine Auswerteschaltung zur Ermittlung der in dem elektrischen Leiter auftretenden Verluste, die bei in dem Gemisch angeordnetem elektrischen Leiter aufgrund der Einwirkung des den elektrischen Leiter unmittelbar umgebenden Gemischs auftreten, oder einer diese Verluste kennzeichnenden Größe.

Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß die in einem mit Wechselspannung beaufschlagten elektrischen Leiter auftretenden Verluste abhängig von Eigenschaften des den elektrischen Leiter unmittelbar umgebenden Mediums sind. Dabei ist wesentlich, daß das umgebende Medium zumindest nahezu unmittelbar an den elektrischen Leiter angrenzt, da bereits bei einem geringen Abstand zwischen dem elektrischen Leiter und dem zu untersuchenden Medium die im Leiter auftretenden Verluste so stark zurückgehen, daß sie nicht mehr erfaßbar sind, so daß eine Auswertung der Verluste in Form einer Konzentrationsbestimmung nicht mehr möglich ist. Dies liegt daran, daß die Verluste mit zunehmendem Abstand zwischen dem Leiter und dem Medium abnehmen.

Der Leiter wird dabei bevorzugt im induktiven Bereich betrieben, in dem er einen Verlustwiderstand besitzt, der sowohl von der Ausbildung des verwendeten Leiters als auch von der Frequenz der angelegten Wechselspannung abhängig ist. Somit kann durch die Wahl eines geeigneten Leiters bzw. der Frequenz die Größe der auftretenden Verluste beeinflußt werden.

Bei den ermittelten Verlusten handelt es sich bevorzugt um dielektrische Verluste und/oder Wirbelstromverluste und/oder Nachlaufverluste und/oder Abstrahlungsverluste und/oder um ohmsche Verluste. Diese üblicherweise nachteiligen Verluste stellen überraschenderweise ein Maß für die Konzentration von Substanzen in Gemischen dar und können erfindungsgemäß zur Konzentrationsbestimmung ausgewertet werden.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Impedanz des elektrischen Leiters, insbesondere der Verlustwiderstand und/oder die Induktivität des elektrischen Leiters bestimmt. Es wurde festgestellt, daß sowohl der Verlustwiderstand als auch die Induktivität eines beispielsweise in ein Flüssigkeitsgemisch eingetauchten elektrischen Leiters aufgrund der durch das Gemisch im elektrischen Leiter entstehenden Verluste ansteigen, so daß sowohl durch eine Impedanzbestimmung als auch durch eine separate Bestimmung des Verlustwiderstands oder der Induktivität des elektrischen Leiters die Konzentration von bestimmten Substanzen in Gemischen ermittelt werden kann.

Dabei ist es zum einen möglich, Absolutwerte der Impedanz, des Verlustwiderstands oder der Induktivität zu bestimmen und beispielsweise aus vorherbestimmten Tabellen direkt die Konzentration einer bestimmten Substanz in einem bestimmten Gemisch zu ermitteln. Zum anderen ist auch eine Bestimmung von Änderungen der Impedanz, des Verlustwiderstands oder der Induktivität des elektrischen Leiters entweder jeweils gegenüber einem Referenzwert, der beispielsweise dem jeweiligen Wert vor dem Einbringen des elektrischen Leiters in das Gemisch entspricht, oder gegenüber einem in einem vorherigen Verfahrensschritt bestimmten Wert möglich, wenn beispielsweise lediglich die Änderung der Konzentration einer Substanz in einem Gemisch von Interesse ist.

Grundsätzlich ist die Bestimmung der Impedanz über jede zur Impedanzmessung geeignete Schaltung möglich.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Impedanz bzw. die Änderungen der Impedanz des elektrischen Leiters über eine Widerstandsmeßbrücke ermittelt. Auf diese Weise ist eine sehr einfache Ausgestaltung einer entsprechenden Auswerteschaltung möglich, da standardisierte Schaltungen verwendbar sind.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der elektrische Leiter Teil eines Schwingkreises, bei dem die aufgrund der vorhandenen Verluste auftretenden Änderungen der Resonanzfrequenz bzw. die aufgrund der vorhandenen Verluste geänderte Resonanzfrequenz des Schwingkreises ermittelt werden. Da durch das Einbringen in das zu untersuchende Gemisch bzw. durch eine Konzentrationsänderung der in dem Gemisch vorhandenen Substanz eine Impedanzänderung des in dem Gemisch angeordneten elektrischen Leiters auftritt, ändert sich auch die Resonanzfrequenz des des elektrischen Leiter umfassenden Schwingkreises. Somit kann aufgrund der Änderung der Resonanzfrequenz bzw. aus der geänderten Resonanzfrequenz des Schwingkreises anhand vorgegebener Tabellen bzw. durch Vergleich mit vorher bestimmten Werten die Konzentration der gewünschten Substanz in dem Gemisch ermittelt werden.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform umfaßt der Schwingkreis ein frequenzbestimmendes Glied insbesondere hoher Güte, insbesondere einen Quarz, der ein sehr stabiles, schmalbandiges und frequenzbestimmendes Glied des Schwingkreises darstellt und mit dem elektrischen Leiter beispielsweise in Serie geschaltet ist. Nach Einbringung des elektrischen Leiters in das zu untersuchende Gemisch bzw. bei einer Änderung der Zusammensetzung des zu untersuchenden Gemischs bei bereits in dem Gemisch angeordnetem elektrischen Leiter, ändern sich die Anpassungsverhältnisse zwischen dem Quarz und dem Leiter einerseits und der Schaltungseingangsimpedanz einer angeschlossenen Resonatorschaltung andererseits, wodurch eine Schwingfrequenzverschiebung erzeugt wird. Diese Frequenzverschiebung kann als Maß für die Konzentration der gewünschten Substanz in dem zu untersuchenden Gemisch verwendet werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der elektrische Leiter als elektromagnetischer Sender betrieben, wobei ein weiterer elektrischer Leiter als elektromagnetischer Empfänger insbesondere zusammen mit dem elektrischen Leiter in das Gemisch eingebracht und die durch die in dem Sender und/oder in dem Empfänger auftretenden Verluste bewirkte Dämpfung des im Empfänger wirkenden elektromagnetischen Feldes ermittelt wird. Sender und Empfänger können dabei als Antennen-Paar, beispielsweise in Form von zwei nebeneinander angeordneten Streifenleitern, als Richtkoppler oder als insbesondere einen gemeinsamen ferromagnetischen Kern besitzendes Spulenpaar ausgebildet sein.

Auch bei dieser Ausführungsform sind nicht die bei der Übertragung in dem Gemisch entstehenden Verluste entscheidend, sondern die Verluste im Sender und/oder im Empfänger, so daß beispielsweise die Send- und Empfangselemente extrem nahe zusammengerückt werden können, so daß die zwischen dem Sender und dem Empfänger auftretenden Übertragungsverluste im Gemisch vernachlässigt werden können.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße ausgebildete Vorrichtung nicht nur zur Konzentrationsbestimmung einer Flüssigkeit in einem Flüssigkeitsgemisch, sondern auch zu einer Konzentrationsbestimmung eines Gases in einem Gas-, Flüssigkeits- oder Festkörpergemisch, eines beispielsweise in Pulverform vorliegenden Festkörpers in einem entsprechenden Festkörper-, Flüssigkeits- oder Gasgemisch oder einer Flüssigkeit in einem Gas- oder Festkörpergemisch verwendet werden.

Insbesondere zur Konzentrationsbestimmung eines Gases in einem Gasgemisch ist nach einer weiteren vorteilhaften -Ausführungsform der Leiter und/oder der weitere Leiter insbesondere an seinem Kontaktbereich zu dem Gemisch mit einem Material beschichtet, dessen Leitfähigkeit durch Einlagerung von Molekülen des Gemisches änderbar ist. Bevorzugt werden der Leiter und/oder der weitere Leiter mit Polymeren beschichtet, die diese Eigenschaft besitzen. Weiterhin ist vorteilhaft zwischen dem Beschichtungsmaterial und dem Leiter keine Zwischenschicht, beispielsweise in Form eines Isolators vorhanden.

Durch die Einlagerung von Molekülen des Gemisches in das Beschichtungsmaterial wird die Leitfähigkeit in der unmittelbaren Umgebung des elektrischen Leiters abhängig vom jeweiligen Gemisch verändert, wodurch Verluste des elektrischen Leiters verändert werden. Hierbei kommt neben den eingangs erwähnten Verlusten auch der Skineffekt zum Tragen, da durch die Änderung der Leitfähigkeit in der unmittelbare Umgebung des Leiters eine Änderung des Nebenschlusses zwischen dem Leiter und dem Beschichtungsmaterial erzeugt wird. Hierbei ist anzumerken, daß durch Wahl der Frequenz der Wechselwirkungsbereich des elektrischen Leiters in das Medium hinein variierbar ist.

Während für die Untersuchung von flüssigen Gemischen Frequenzen im Bereich von einigen Kilohertz und einigen Megahertz vorteilhaft sind, kann bei der Untersuchung von Gasgemischen der verwendete elektrische Leiter mit Frequenzen bis in den Gigahertz-Bereich beaufschlagt werden. Beispielsweise ergab sich bei einer Konzentrationsbestimmung von Methanol in einem Methanol-Stickstoff-Gemisch bei einer Verwendung einer Wechselspannung von 300 MHz ein Verlustwiderstand einer mit einem Polymer beschichteten Spule von 13,1 Ohm gegenüber einem Verlustwiderstand von 9,35 Ohm bei reinem Stickstoff. Demgegenüber blieb die Induktivität der Spule nahezu unverändert. Der Anteil des Methanols lag bei diesem Versuch im Prozentbereich. Grundsätzlich kann jedoch die Frequenz der verwendeten Wechselspannung beliebig gewählt werden, solange der elektrische Leiter im induktiven Bereich betrieben wird.

Der elektrische Leiter kann grundsätzlich jede beliebige Form besitzen. Vorteilhaft ist der elektrische Leiter als Spule, als Spirale oder als im wesentlichen gerader Leiter ausgebildet. Dabei kann als Leiter ein einfacher Draht, ein Hohlleiter, ein Streifenleiter oder beispielsweise ein Koaxialleiter verwendet werden. Insbesondere kann der elektrische Leiter direkt als auf eine Platine oder eine Folie lithographisch aufgebrachter Leiter ausgebildet sein. Bei der Ausbildung des elektrischen Leiters als Hohlleiter kann das zu untersuchende Gemisch vorteilhaft durch den Hohlleiter hindurchgeleitet werden. Dabei können insbesondere die Innenflächen des Hohlleiters beschichtet oder dem zu untersuchenden Gemisch direkt ausgesetzt sein. Dies ist besonders zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gasgemischen oder in Flüssigkeiten vorteilhaft.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert; in diesen zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung mit Temperaturkompensation,

Fig. 3 ein Meßdiagramm bei dem die Induktivität und der Verlustwiderstand über dem Wasseranteil in Bremsflüssigkeit bei Verwendung einer kernlosen Spule aufgetragen ist,

Fig. 4 ein Meßdiagramm gemäß Fig. 3 bei Verwendung einer Spule mit einem Ringkern,

Fig. 5 ein Meßdiagramm gemäß Fig. 3 bei Verwendung einer Spule mit einem Schalenkern,

Fig. 6 ein Meßdiagramm gemäß Fig. 3 bei Verwendung einer Spule mit einem zylindrischen Kern,

Fig. 7 ein Meßdiagramm, bei dem die Induktivität und der Verlustwiderstand über der Frostschutzmittelkonzentration aufgetragen ist und

Fig. 8 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung mit zwei über einen gemeinsamen ferromagnetischen Kern gekoppelten Spulen.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltung umfaßt einen als Spule 1 ausgebildeten elektrischen Leiter, der mit einem Quarz 2 in Serie geschaltet ist und zusammen mit einer Resonatorschaltung 5 einen Schwingkreis 4 bildet. Der Schwingkreis 4 besitzt einen Signalausgang 7, an dem die Schwingfrequenz des Schwingkreises 4 abgreifbar ist.

Die Spule 1 ist vollständig in einem gestrichelt dargestellten Behälter 8 angeordnet, in dem das zu untersuchende Gemisch, beispielsweise ein Gemisch aus Wasser und Bremsflüssigkeit, angeordnet ist. Die Spule 1 ist vollständig von dem Gemisch umgeben und steht mit diesem unmittelbar in Kontakt.

Um einerseits einen Kurzschluß des die Spule 1 bildenden elektrischen Leiters zu vermeiden und andererseits den Abstand zwischen dem elektrischen Leiter und dem Gemisch so gering wie möglich zu halten, ist der die Spule 1 bildende elektrische Leiter mit einer dünnen, isolierenden Lackschicht beschichtet.

Da die Umgebung einer Spule großen Einfluß auf ihre Verluste hat, muß entsprechend für eine Schirmung gesorgt werden, damit lediglich das interessierende Gemisch Einfluß auf die die Verluste kennzeichnenden Parameter hat.

In dem in Fig. 2 dargestellten Blockschaltbild ist die Spule 1 über Verbindungsleitungen 9 mit einer schematisch dargestellten elektrischen Schaltung 10 verbunden, die den Quarz 2, sowie die in Fig. 1 dargestellte Resonatorschaltung 5 umfaßt.

Der Ausgang der elektrischen Schaltung 10 ist über eine Verbindungsleitung 11 mit einer Temperaturkompensationsschaltung 12 verbunden, die über eine weitere Verbindungsleitung 13 mit einem an der Spule 1 vorgesehenen Temperatursensor 14 in Verbindung steht. Der Ausgang der Temperaturkompensationsschaltung 12 ist über eine Verbindungsleitung 15 an einer Auswerterschaltung 6 angeschlossen.

Aus den Fig. 3 bis 6, die jeweils den gemessenen Verlauf der Induktivität und des Verlustwiderstands der in ein Gemisch aus Wasser und Bremsflüssigkeit eingetauchten Spule 1 gegenüber dem prozentualen Wasseranteil darstellen, ist ersichtlich, daß sowohl die Induktivität als auch der Verlustwiderstand der Spule 1 mit zunehmendem Wasseranteil ansteigt.

Während für die gemessenen Wasserkonzentrationen die Zunahme der Induktivität der Spule 1 zwischen ca. 1% und 15% liegt, liegt die entsprechende Zunahme des Verlustwiderstandes je nach gewählter Spulenausbildung zwischen 30 und 400%. Dies zeigt, daß grundsätzlich sowohl eine Auswertung der Induktivitätsänderung als auch der Änderung des Verlustwiderstandes möglich

ist, jedoch die Änderung des Verlustwiderstandes bevorzugt zur Bestimmung der Konzentration verwendet werden sollte, da sich der Verlustwiderstand, zumindest bei den untersuchten Beispielen, stärker mit dem prozentualen Wasseranteil ändert. Weiterhin ist erkennbar, daß durch Verwendung einer Spule mit Kern bzw. durch die Wahl von bestimmten Kernformen die Absolutwerte sowohl des Verlustwiderstands als auch der Induktivität erhöht werden, so daß auch deren Änderungen bei einer Änderung der Wasserkonzentration größer und damit unter Umständen besser meßbar sind.

Ebenso ist aus den Fig. 3 bis 6 erkennbar, daß abhängig von der Art des gewählten Spulenkerns unterschiedliche Verläufe für den Verlustwiderstand bzw. für die Induktivität erzielbar sind.

Aus dem in Fig. 7 dargestellten Diagramm ist ersichtlich, daß sowohl der Verlustwiderstand als auch die Induktivität einer in ein aus Frostschutzmittel und Wasser bestehendes Gemisch eingetauchten Spule 1 zunächst mit steigender Frostschutzmittelkonzentration ansteigen und nach Überschreiten eines Maximalwertes jeweils abnehmen. Dieser Verlauf kann in der Praxis dahingehend ausgewertet werden, daß der Verlustwiderstand und/oder die Induktivität einer in das Gemisch eingetauchten Spule einen bestimmten Minimalwert nicht unterschreiten darf, da bei Unterschreitung eines vorgegebenen Minimalwertes zum einen die Frostschutzeigenschaft und zum anderen die gewünschten sonstigen physikalischen Eigenschaften, wie beispielsweise die Viskosität, unzulässige Werte annehmen.

Im folgenden wird das erfindungsgemäß ausgebildete Verfahren sowie die Funktionsweise einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung näher beschrieben:

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltung wird so justiert, daß der aus der Spule 1 und dem bei seiner Resonanzfrequenz von 8 MHz schwingenden Quarz 2 bestehende Zweipol an die Schaltungseingangsimpedanz der Resonatorschaltung 5 bestmöglich angepaßt ist, während die Spule 1 vollständig von Luft umgeben ist.

Anschließend wird die Spule 1 zur Bestimmung beispielsweise des Wasseranteils in Bremsflüssigkeit in das aus Wasser und Bremsflüssigkeit bestehende Gemisch vollständig eingetaucht, so daß durch die in der Spule 1 aufgrund der Einwirkung des Gemischs auftretenden Verluste eine Impedanzänderung der Spule 1 eintritt, die zu einer Fehlanpassung zwischen der Spule 1 und dem Quarz 2 einerseits und der Schaltungseingangsimpedanz der Resonatorschaltung 5 andererseits führt.

Aufgrund dieser Fehlanpassung entsteht eine Frequenzverschiebung, die für die Konzentration des Wassers in der Bremsflüssigkeit repräsentativ ist und beispielsweise an einer am Signalausgang 7 angeschlossenen Frequenzanzeigeeinheit abgelesen werden kann.

Es ist jedoch auch möglich, den Signalausgang 7 beispielsweise einer Auswerteeinheit 6, beispielsweise in Form eines Mikrocomputers zuzuführen, die mittels in einem Speicher abgelegten, in vorher durchgeführten Meßreihen bestimmten Tabellen direkt die Konzentration des Wassers ausgibt.

Weiterhin ist durch die erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung auch eine In-situ-Konzentrationsbestimmung möglich. Dabei ist die Spule 1 ständig innerhalb des zu untersuchenden Gemischs angeordnet, wobei die aufgrund von Änderungen der Wasserkonzentration auftretenden Impedanzänderungen bzw. der jeweilige, der aktuellen Wasserkonzentration entsprechende absolute Impedanzwert durch die beschriebene Vorrichtung ermittelt werden können.

Um in dem Gemisch auftretende Temperaturschwankungen, die zu Impedanzschwankungen führen können, zu kompensieren, kann über den Temperatursensor 14 die im Bereich der Spule 1 herrschende Temperatur gemessen und über die Temperaturkompensations- 5 schaltung 12 entsprechend kompensiert werden.

In Fig. 8 sind zwei Spulen 19, 20 vollständig in einem mit einem beispielsweise aus Wasser und Frostschutzmittel bestehenden Gemisch gefüllten Behälter 8 angeordnet, wobei beide Spulen 19, 20 über einen gemeinsamen ferromagnetischen Kern 21 miteinander gekoppelt sind. Die als Senderspule ausgebildete Spule 19 wird über eine Ansteuereinheit 18 angesteuert und mit Wechselspannung beaufschlagt, wodurch in der als Empfängerspule ausgebildeten Spule 20 eine Induktionsspannung erzeugt wird. Diese wird von einer Auswerteschaltung 6 abgegriffen und ausgewertet. 10

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird durch die von der Wasserkonzentration abhängigen Verluste der beiden Spulen 19, 20 die Kopplung zwischen den Spulen 19, 20 beeinflusst, so daß durch Bestimmung der Kopplung bzw. von Änderungen der Kopplung, beispielsweise durch Messung der Übertragungsfunktion, z. B. mittels eines Vektorvoltmeters, die Wasserkonzentration ermittelt werden kann. 15

Bei dem Beispiel nach Fig. 8 können anstelle der beiden Spulen 19, 20 und des Kerns 21 beispielsweise zwei z. B. als nebeneinander angeordnete Streifenleiter ausgebildete Antennen vorgesehen sein, die vollständig in das zu untersuchende Gemisch eingetaucht sind. Eine der Antennen bildet dabei eine Sendeantenne und die andere eine Empfangsantenne. 20

Die Sendeantenne wird zur Aussendung elektromagnetischer Wellen über eine Ansteuerschaltung angesteuert und mit Wechselspannung beaufschlagt, während das von der Empfangsantenne empfangene Signal an eine Auswerteschaltung übertragen und von dieser ausgewertet wird. 25

Bei dieser Variante wird aufgrund der in der Sendeantenne und in der Empfangsantenne entstehenden Verluste, die durch Einwirkung des die Antennen unmittelbar umgebenden Gemischs verursacht werden, das an die Auswerteschaltung übertragene Empfangssignal abhängig von der Wasserkonzentration im Frostschutzmittel gedämpft. Somit kann beispielsweise durch Messung der Übertragungsfunktion z. B. mittels eines Vektorvoltmeters, die Dämpfung und damit die Wasserkonzentration gemessen werden. 30

Grundsätzlich können beliebige elektromagnetisch gekoppelte Sende-Empfangs-Elemente verwendet werden, um aus der ermittelten Dämpfung bzw. Kopplung zwischen den einzelnen Elementen die Konzentration bestimmter Substanzen in Gemischen zu bestimmen. 35

Patentansprüche

1. Verfahren zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein mit Wechselspannung beaufschlagter elektrischer Leiter in das Gemisch eingebracht wird und daß die in dem elektrischen Leiter aufgrund der Einwirkung des den elektrischen Leiter unmittelbar umgebenden Gemischs auftretenden Verluste oder eine diese Verluste kennzeichnende Größe ermittelt werden. 40

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Verluste dielektrische Verluste und/oder Wirbelstromverluste und/oder Nachlauf- 45

verluste und/oder Abstrahlungsverluste und/oder ohmsche Verluste ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz des elektrischen Leiters, insbesondere der Verlustwiderstand und/oder die Induktivität des elektrischen Leiters bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Änderungen der Impedanz des elektrischen Leiters, insbesondere Änderungen des Verlustwiderstands und/oder der Induktivität des elektrischen Leiters, gegenüber einem vorgegebenen Referenzwert und/oder gegenüber einem in einem vorherigen Verfahrensschritt bestimmten Wert bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz bzw. die Änderungen der Impedanz des elektrischen Leiters über eine Widerstandsmeßbrücke ermittelt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter Teil eines Schwingkreises ist und daß die aufgrund der vorhandenen Verluste auftretenden Änderungen der Resonanzfrequenz bzw. geänderte Resonanzfrequenz des Schwingkreises ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter als elektromagnetischer Sender betrieben wird, daß ein weiterer elektrischer Leiter als elektromagnetischer Empfänger insbesondere zusammen mit dem elektrischen Leiter in das Gemisch eingebracht wird und daß die aufgrund der Verluste in dem Sender und/oder in dem Empfänger auftretende Dämpfung des im Empfänger wirkenden elektromagnetischen Feldes ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfung durch Messung der Übertragungsfunktion, insbesondere mit einem Vektorvoltmeter ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentration einer bestimmten Flüssigkeit in einem Flüssigkeits-, Gas- oder Festkörpergemisch, insbesondere die Konzentration von Wasser in Bremsflüssigkeit oder in Frostschutzmittel, oder die Konzentration eines insbesondere pulverförmigen Festkörpers, insbesondere eines oder mehrerer Salze in einem Flüssigkeits-, Gas-, oder Festkörpergemisch bestimmt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentration eines bestimmten Gases in einem Gas-, Flüssigkeits- oder Festkörpergemisch bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des elektrischen Leiters auftretende Temperaturschwankungen bei der Ermittlung der Verluste bzw. der diese kennzeichnenden Größe kompensiert werden.

12. Vorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Substanzen in Gemischen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit zumindest einem mit Wechselspannung beaufschlagten elektrischen Leiter (1, 19, 20), der zum Einbringen in das Gemisch ausgebildet ist, sowie mit einer Auswerteschaltung (6) zur Ermittlung der in dem elektrischen Leiter (1, 50

19, 20) auftretenden Verluste, die bei in dem Gemisch angeordnetem elektrischen Leiter (1, 19, 20) aufgrund der Einwirkung des den elektrischen Leiter (1, 19, 20) unmittelbar umgebenden Gemischs auftreten, oder einer diese Verluste kennzeichnende Größe. 5

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter (1, 19, 20) als Spule und/oder als spiralförmig gewundener Leiter und/oder als im wesentlichen gerader Leiter ausgebildet ist. 10

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter (1, 19, 20) als Hohlleiter und/oder als Streifenleiter und/oder als Koaxialleiter und/oder als einfacher Draht ausgebildet ist. 15

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter (1) Teil eines Schwingkreises (4) ist, dessen Schwingfrequenz durch die Auswerteschaltung (6) bestimmbar ist. 20

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingkreis (4) ein frequenzbestimmendes Glied insbesondere hoher Güte, insbesondere einen Quarz (2) und die Auswerteschaltung (6) einen Frequenzerfassungsabschnitt zur Erfassung der durch eine Impedanzänderung des elektrischen Leiters (1) bewirkten Schwingfrequenzänderung des Schwingkreises (4) umfaßt. 30

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter als elektromagnetischer Sender (19) ausgebildet ist und daß ein weiterer, einen elektromagnetischen Empfänger (20) bildender elektrischer Leiter zum Einbringen in das Gemisch vorgesehen ist, der mit dem Sender (19) elektromagnetisch koppelbar und mit der Auswerteschaltung (6) zur Bestimmung der aufgrund der in dem Sender (19) und/oder dem Empfänger (20) auftretenden Verluste entstehenden Dämpfung des empfangenen elektromagnetischen Feldes verbunden ist. 35

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Sender und Empfänger als Antennen-Paar, als Richtkoppler oder als insbesondere einen gemeinsamen ferromagnetischen Kern (21) besitzendes Spulenpaar (19, 20) ausgebildet sind. 40

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Leiter (1, 19) und/oder der weitere Leiter (20) insbesondere an seinem Kontaktbereich zu dem Gemisch mit einem Material beschichtet ist, dessen Leitfähigkeit durch Einlagerung von Molekülen des Gemisches änderbar ist. 45

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Leiter (1, 19) und/oder der weitere Leiter (20) mit Polymeren beschichtet ist. 50

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine Temperaturkompensationsschaltung (12) zur Kompensation von im Bereich des elektrischen Leiters (1, 19, 20) auftretenden Temperaturschwankungen vorgesehen ist. 55

- Leerseite -

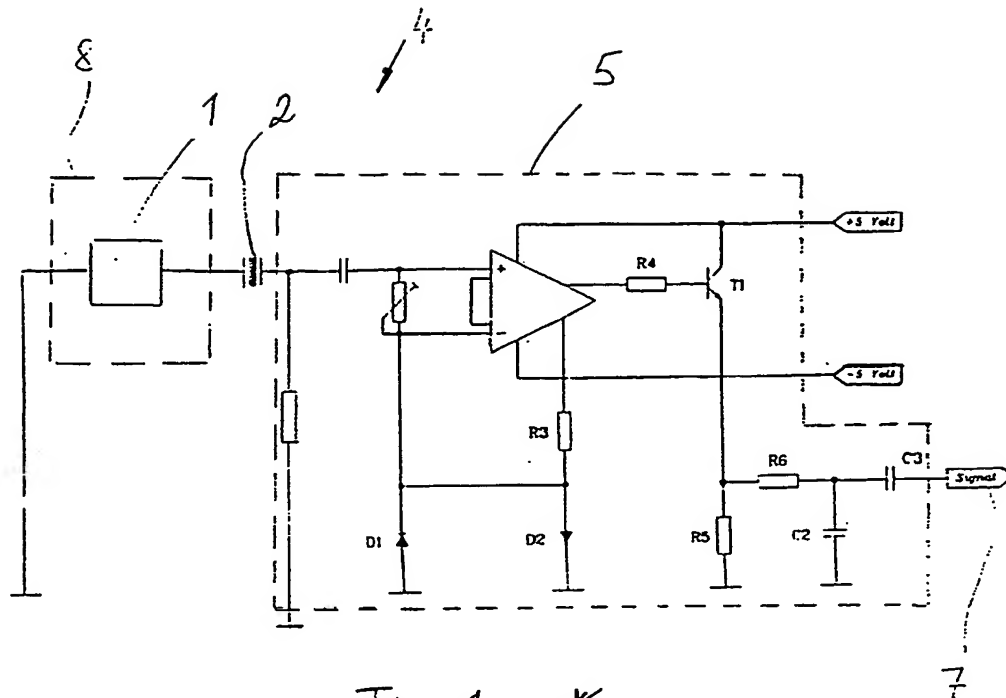


Fig. 1 *

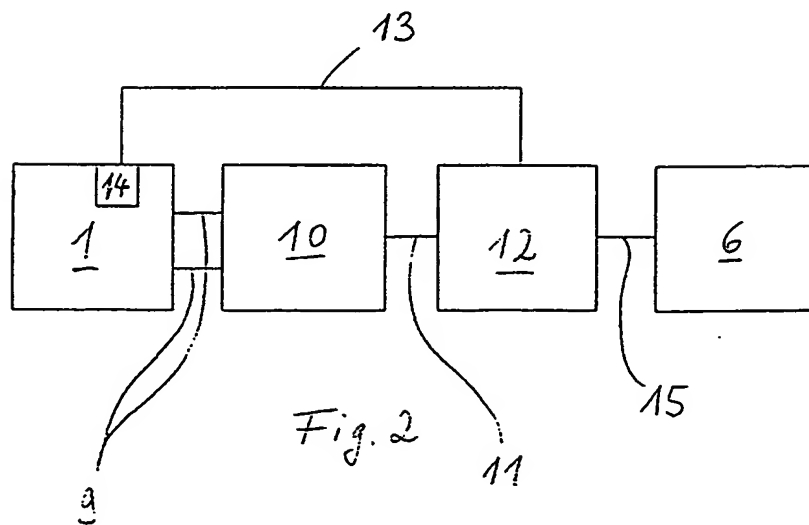


Fig. 2

Fig. 3

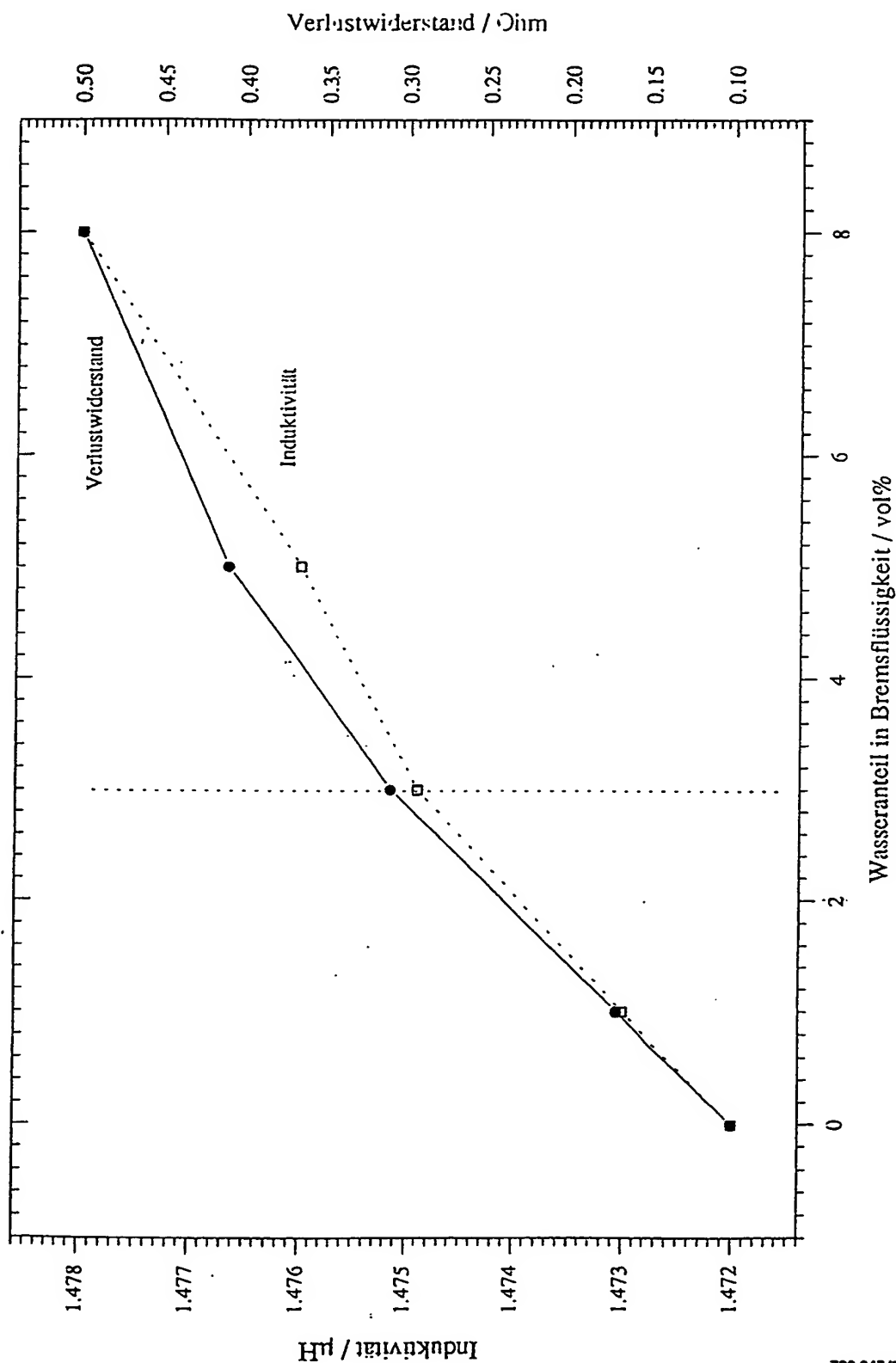


Fig. 4

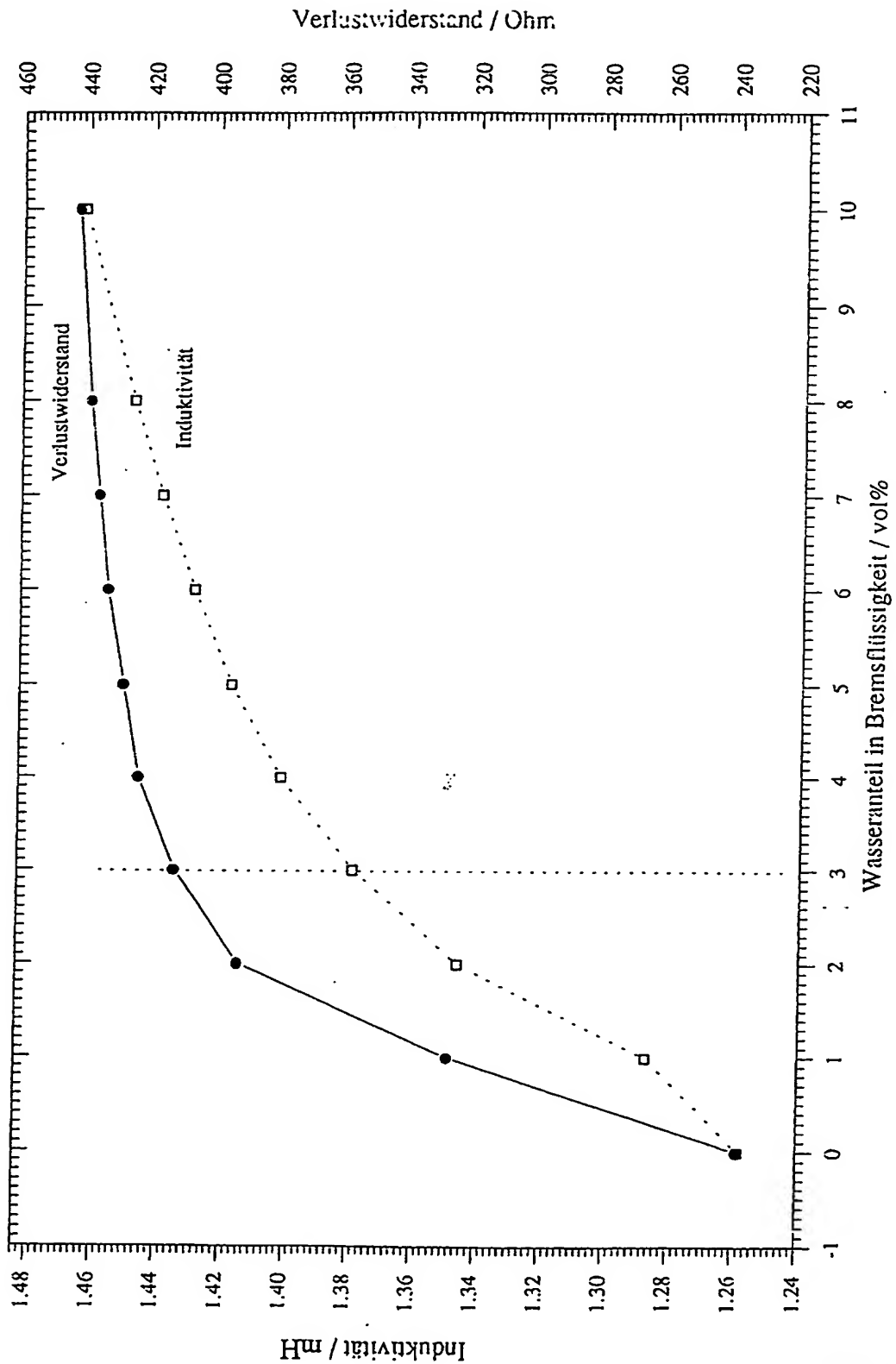


Fig. 5

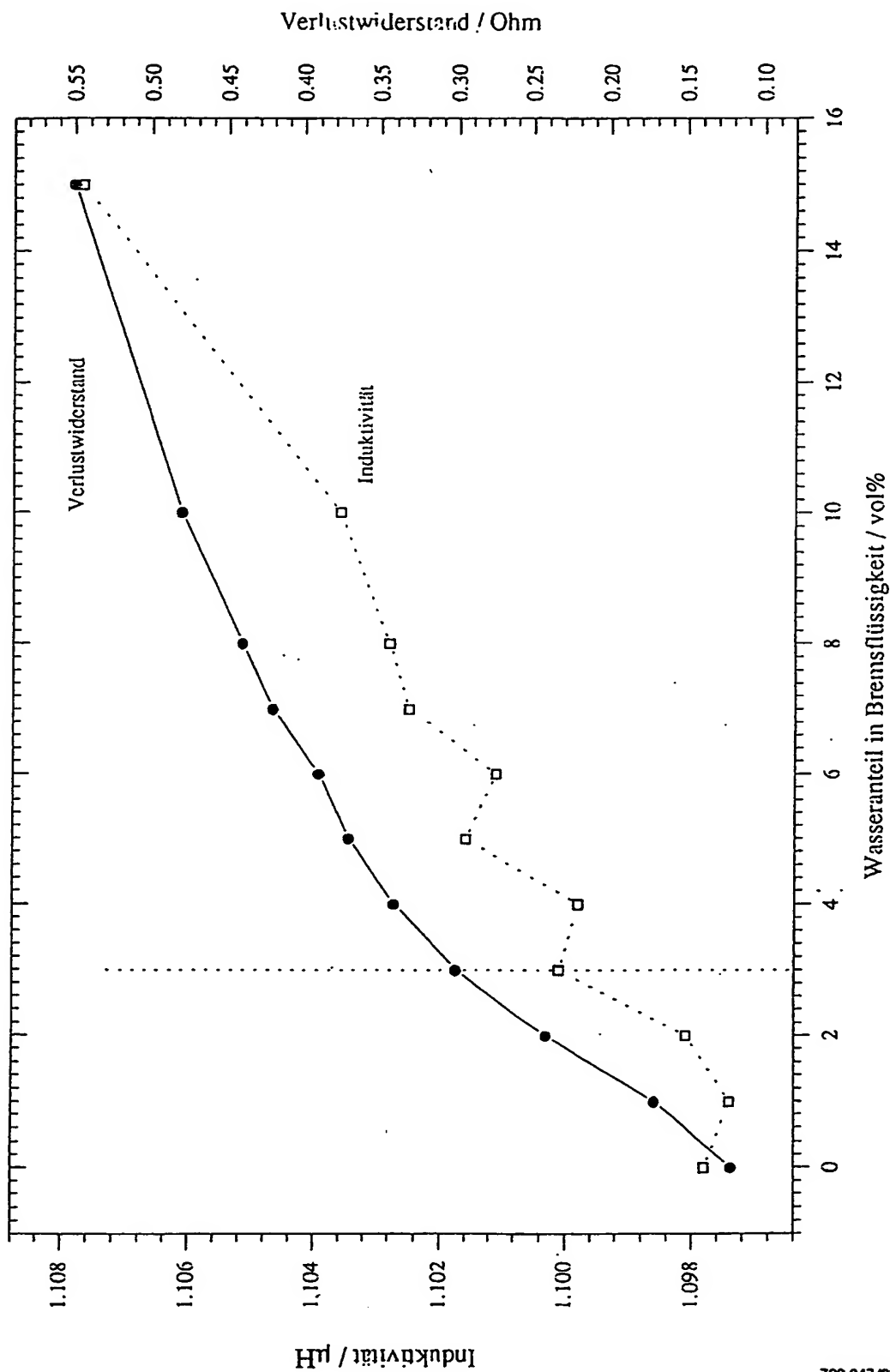
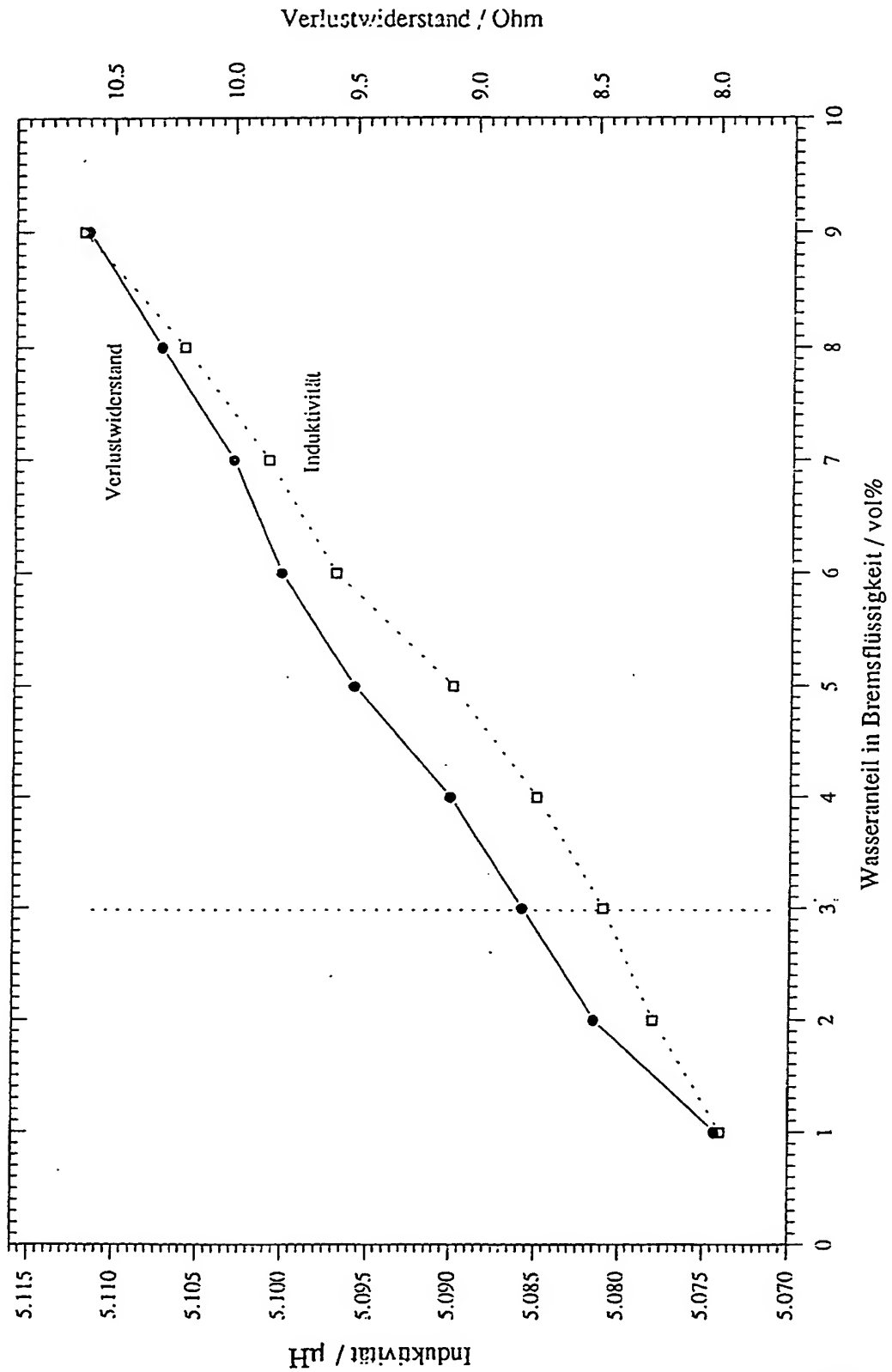
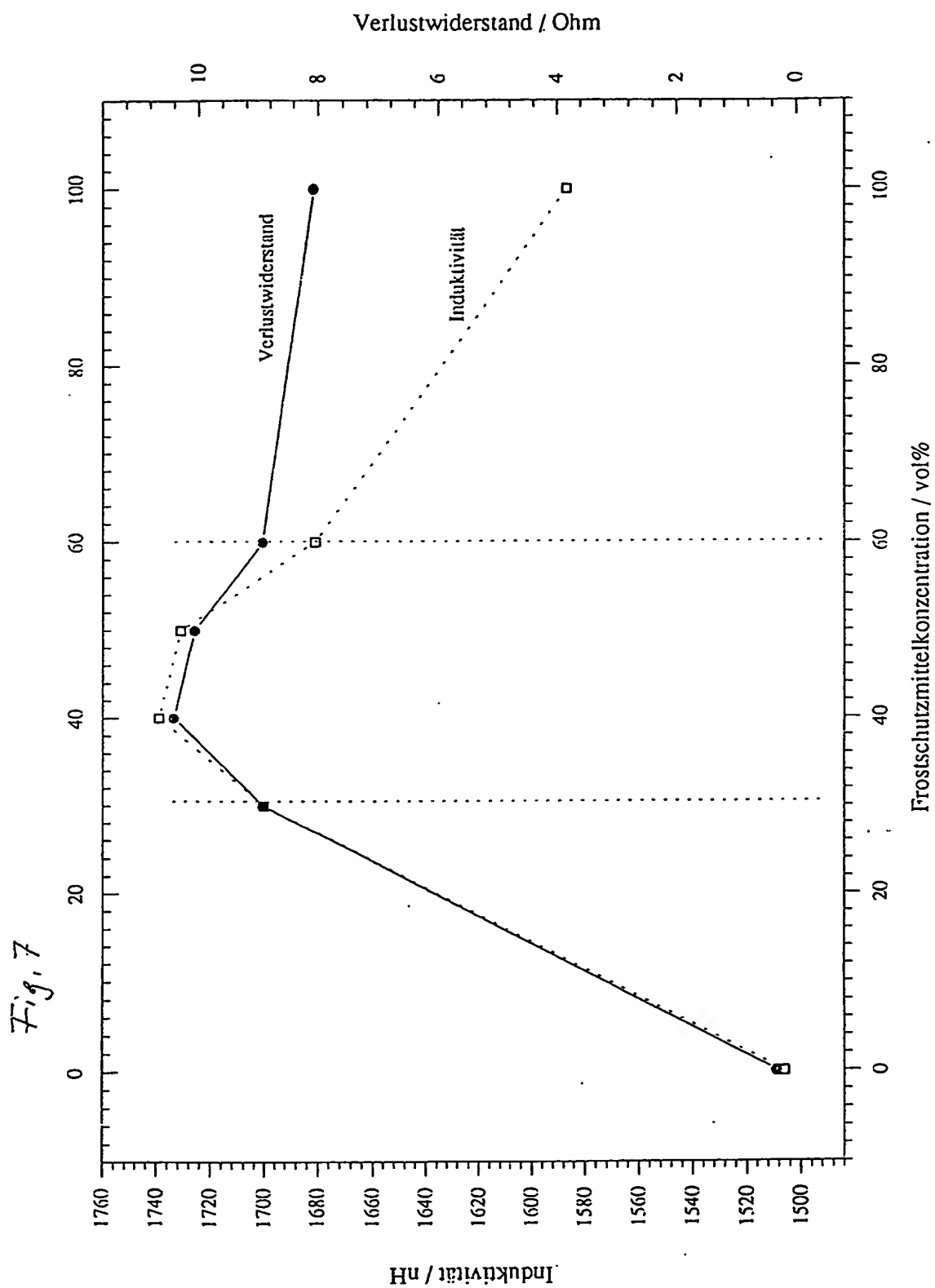


Fig. 6





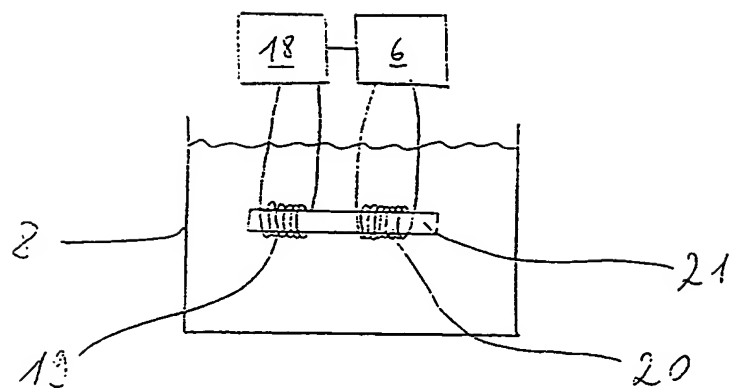


Fig. 8